



UNIVERSITAT JAUME I

**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES
EXPERIMENTALS**

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA
ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD**

“Vivienda Autosuficiente”

PROYECTO FINAL DE MÁSTER

AUTOR
David Martí Sangüesa

DIRECTOR
Ángel Miguel Pitarch Roig

Castellón, Mayo de 2015

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. RESUMEN	7
2. OBJETIVOS.....	9
3. ESTADO ACTUAL	10
3.1. Ubicación y situación	10
3.2. Descripción del edificio	10
3.2.1. Fachadas	11
3.2.2. Cerramientos interiores	12
3.2.3. Cubierta.....	12
3.2.4. Cerramiento en contacto con el terreno	13
3.2.5. Carpintería exterior.....	14
3.2.6. Cuadro de superficies y volúmenes.....	14
3.3. Instalaciones	15
3.3.1. Fontanería	15
3.3.2. Eléctrica.....	16
3.4. Climatización	17
3.5. Ventilación natural	18
3.6. Transmitancia térmica	19
3.6.1. Fachada	20
3.6.2. Cubierta.....	21
3.6.3. Cerramiento contacto con el terreno	21
3.6.4. Puentes térmicos	21
3.6.5. Huecos	22
3.6.6. Resumen	24
3.7. Calificación energética	25
3.7.1. Estado inicial	25
3.7.2. Posibles mejoras	26
4. PROGRAMA DE NECESIDADES	29
5. CALCULO DE OCUPACIÓN MÁXIMA.....	31
6. MEJORA ENVOLVENTE.....	32
6.1. Fachadas	32
6.1.1. SATE.....	32
6.1.2. Aislamiento por interior	33
6.2. Cubierta	34
6.3. Dimensionado	35

7. CARGAS	39
7.1. Cálculo caudal de aire mínimo exigido	39
7.2. Cálculo cargas térmicas	40
7.2.1. Condiciones de la vivienda	40
7.2.2. Cargas internas en verano	40
7.2.3. Cargas externas en verano	43
7.2.4. Cargas propias de la instalación y coeficiente de seguridad para verano 50	
7.2.5. Cargas internas en invierno.....	51
7.2.6. Cargas externas en invierno.....	51
7.2.7. Cargas propias de la instalación y coeficiente de seguridad en invierno 54	
7.2.8. Cargas térmicas totales en la vivienda	55
8. EQUIPO SELECCIONADO	56
9. CALEFACCIÓN	58
9.1. Sistema elegido	58
9.2. Consideraciones previas	59
9.3. Cálculo de la instalación	60
9.3.1. Bases de cálculo	60
9.3.2. Ubicación del colector y diseño de circuitos.....	60
9.3.3. Cálculo de la temperatura de pavimento.....	63
9.3.4. Cálculo de la temperatura de impulsión	65
9.3.5. Cálculo del caudal de agua	67
9.3.6. Cálculo tuberías de distribución.....	67
9.3.7. Cálculo de pérdida de carga.....	68
9.3.8. Compensación de los distribuidores	71
9.3.9. Selección de la bomba.....	72
10. REFRIGERACIÓN	73
10.1. Sistema elegido	73
10.2. Dimensionado	74
10.3. Ubicación de los Fan Coils	76
11. RECOLECCIÓN, RECICLADO Y REUTILIZACIÓN DE AGUA.....	78
11.1. Objetivo	79
11.2. Usos	79
11.3. Consumos	80
11.4. Sistema elegido	81
11.5. Aguas pluviales	82
11.5.1. Componentes	82

11.6. Dimensionado sistema de recolección aguas pluviales	86
11.6.1. Pluviometría.....	86
11.6.2. Volumen de agua recogida	87
11.6.3. Volumen del depósito	87
11.6.4. Bomba.....	89
11.6.5. Canalización.....	90
11.6.6. Filtros	91
11.7. Reutilización aguas grises	92
11.7.1. Sistema elegido	93
11.7.2. Volumen de agua reciclada.....	95
11.8. Volumen de agua total ahorrado	95
12. INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA	96
12.1. Introducción	96
12.2. Componentes	97
12.3. Sistema elegido	101
12.3.1. Captador	102
12.4. Método de dimensionamiento empleado	104
12.5. Demanda energética	105
12.5.1. Demanda de ACS.....	105
12.5.2. Demanda energética	106
12.6. Valoración de la radiación solar incidente.	107
12.7. Pérdidas por orientación e inclinación	107
12.8. Pérdidas por sombras	108
12.8.1. Localización de obstáculos.....	108
12.8.2. Representación del perfil de obstáculos	109
12.8.3. Selección de la tabla de referencia para los cálculos	109
12.8.4. Cálculo final.....	109
12.9. Cálculo del parámetro D_1	110
12.10. Cálculo del parámetro D_2	111
12.11. Ecuación f	112
12.12. Elección de la inclinación del captador	113
12.13. Número de colectores	115
12.14. Diseño del circuito primario	116
12.14.1. Fluido caloportador	116
12.14.2. Caudal	119
12.14.3. Tuberías	119
12.14.4. Pérdidas de carga	121

12.14.1.	Bomba de circulación.....	122
12.14.2.	Vaso de expansión	123
12.14.3.	Acumulador solar.....	124
12.14.4.	Intercambiador.....	125
12.15.	Circuito secundario	125
12.15.1.	Acumulador e intercambiador secundario	125
12.15.2.	Vaso de expansión	126
12.15.3.	Vaso expansión deposito secundario-bomba de calor	126
12.16.	Instalación solar para calefacción	127
13.	INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA.....	128
13.1.	Consideraciones previas/Introducción	128
13.2.	Componentes de la instalación	128
13.3.	Disposición de los módulos	132
13.4.	Estimación del consumo eléctrico	133
13.4.1.	Iluminación.....	133
13.4.2.	Equipamiento de la cocina.....	134
13.4.3.	Equipamiento de entretenimiento y estudio	135
13.4.4.	Equipamiento de climatización y ACS	135
13.4.5.	Equipamiento de las instalaciones hidráulicas.....	136
13.4.6.	Otros consumos	137
13.4.7.	Consumo eléctrico diario.....	137
13.5.	Cálculo de la instalación	139
13.5.1.	Parámetros y método	139
13.5.2.	Cálculo de las baterías	140
13.5.3.	Horas de sol pico (HSP) e Irradiación.....	142
13.5.4.	Cálculo de número de módulos.....	143
13.5.5.	Conexionado de paneles	144
13.5.6.	Cálculo del regulador	146
13.5.7.	Cálculo del inversor	148
13.5.8.	Cálculo de los conductores.....	149
13.6.	Ubicación de los paneles	156
13.7.	Esquema de la instalación	160
13.8.	Generador auxiliar	160
13.8.1.	Potencia del generador	161
13.8.2.	Equipo seleccionado	161
14.	ESTUDIO ECONÓMICO.....	163
14.1.	Amortización	165

14.1.1. Ahorro obtenido	166
15. CONCLUSIONES	169
16. ÍNDICE DE PLANOS	172
17. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	173
18. ÍNDICE DE TABLAS	176
19. BIBLIOGRAFÍA.....	179
19.1. Bibliografía y fuentes consultadas	179
20. ANEXO I: AMORTIZACIÓN FOTOVOLTAICA.....	181
21. ANEXO II: PRESUPUESTO.....	181
22. ANEXO III: CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.....	181
23. ANEXO IV: PLANOS	181
24. ANEXO V: CATÁLOGOS COMERCIALES	181

1. RESUMEN

Una casa autosuficiente es aquella capaz de generar y autoabastecerse por sí sola de energía y de agua gratuitas para funcionar autónomamente, sin depender de las redes de suministro exterior de pago (agua, luz...). Al ser independiente se alimenta de energías renovables y obtiene y recicla el mayor número de litros de agua para su consumo interno. Este autoabastecimiento permite vivir donde quieras, incluso en zonas deshabitadas. Al no estar conectadas a redes de suministro son una opción para zonas rurales y casas aisladas.

Gracias a una generación de energía y de un uso inteligente que incluye unos hábitos eco-amigables, se intenta minimizar el gasto energético y de materiales, al tiempo que se logra un ahorro económico. Es decir, el objetivo es ganar en independencia y cuidar así el bolsillo y también el planeta.

Uno de los principales retos a los que hay que enfrentarse en la vivienda objeto de estudio es que se trata de una vivienda ya construida a la cual se le ejecutarán una serie de reformas para alcanzar la autosuficiencia. La dificultad reside que al estar construida habrá que adaptarse a la orientación y distribución ya existente en la vivienda, sin poder seleccionar la opción óptima para una correcta iluminación, ventilación, aislamiento y distribución de huecos y estancias.

Construir una casa autosuficiente es posible, si bien todavía hay que superar obstáculos importantes, como el precio de los materiales y equipos.

Puesto que no hay un modelo de casa autosuficiente, hay que basarse en una serie de principios claves que ayudarán a diseñar el proyecto para conseguir la tan ansiada autosuficiencia o independencia energética.

Salvo loables excepciones que hoy por hoy son anecdóticas, normalmente construir una vivienda ecológica y autosuficiente exige un mayor presupuesto, por lo que los costes se dispararán, aunque su amortización posterior hará más suave este primer golpe.

Por otro lado, si se desea reducir el consumo de energía y también generarla, un objetivo común, será decidir de qué modo se va a hacer, recurriendo a unas u otras tecnologías en función de las características de la zona, según sea más o menos lluviosa, ventosa o soleada.

A su vez, la casa ha de estar aislada haciendo uso de materiales sostenibles, por ello se intentará seleccionar aislantes de bajo impacto ambiental. En este mismo sentido, la orientación de la casa y la disposición de las habitaciones también se decidirán en función de la climatología (más o menos viento, lluvias, temperaturas, etc.) y del recorrido solar durante todo el año, sin embargo, este condicionante se tendrá ya establecido sin poder optimizarlo.

Con estas estrategias se logrará minimizar el uso de la calefacción y la refrigeración en el hogar avanzado en el camino de la autosuficiencia. Mejorar la meta, acercarse a ella un poco más requerirá el uso de energías limpias para cubrir esas necesidades de climatización de la vivienda.

Las opciones son numerosas: energía solar fotovoltaica, geotérmica, eólica, calderas de biomasa, generador de biocombustible, energía solar térmica... Cualquiera de ellas tendrá aplicaciones distintas, por lo que se puede obtener agua caliente y calefacción a la par o, por ejemplo, una refrigeración del ambiente y utilizar esa energía limpia como fuente que proporcione electricidad.

Depurar el agua, ya sea para hacerla apta para el consumo humano, para el riego, para reciclarla o reutilizarla una vez se ha utilizado admite distintas soluciones según su nivel de polución y usos.

Son buenos aliados los barriles que recogen el agua de lluvia o incluso en grandes depósitos que permiten acumular grandes cantidades de agua, ideales para acumularla durante las temporadas de lluvia.

Sin embargo, conviene analizarla para garantizar su salubridad, y aun así puede ser necesario darle un tratamiento depurador. Del mismo modo, las aguas residuales precisarán de

depuradoras biológicas que no precisan de electricidad. Lo ideal en estos casos es que el agua depurada sirva para su reutilización para el riego, lavar el coche o, por ejemplo, para el mantenimiento de estanques.

A la hora de vivir en la vivienda, lógicamente se habrá de hacer una vida acorde con las características ecológicas de la vivienda, por ejemplo siguiendo las tres erres de la sostenibilidad: reducir, reciclar y reutilizar para maximizar la eficiencia de la tecnología, la utilidad de los residuos, por ejemplo transformándolos en abono o depurando aguas residuales. **No basta con tener una vivienda autosuficiente, también hay que tener unos hábitos en consonancia.**

También hará una gran diferencia en este sentido reducir el consumismo, cultivar un huerto o, claro está, utilizar al máximo las energías renovables. Y no sólo mediante células fotovoltaicas o turbinas de viento, sino por ejemplo aprovechando las horas de luz, el viento para secar la ropa.

Por lo tanto, a la hora de construir una casa ecológica y autosuficiente es fundamental tener en cuenta nuestro estilo de vida, preferencias y posibilidades reales de que la casa finalmente pueda culminar su objetivo de independencia energética y autosuficiencia en el día a día.

2. OBJETIVOS

El objetivo del presente proyecto es el diseño y cálculo de las actuaciones a llevar a cabo en la rehabilitación de una vivienda aislada unifamiliar, situada en Albalat dels Tarongers (Valencia), con autosuficiencia energética gracias al empleo de la energía solar tanto para calentar agua como para obtener energía, con una adecuada gestión en el ahorro y la reutilización de aguas tanto grises como pluviales, y comprobar que técnica y económicamente las soluciones planteadas son viables en comparación con las soluciones tradicionales de conexión con las redes de suministro energético y de agua.

Uno de los principales retos en el proyecto es conseguir esta autosuficiencia a sabiendas de que la vivienda ya está construida, y por tanto pilares fundamentales a la hora de diseñar una vivienda autosuficiente, como son la orientación, la distribución de espacios y huecos, no podrá ser modificado.

En el estado inicial la vivienda es utilizada únicamente para usos esporádicos como fines de semana y en época estival. El planteamiento del proyecto es convertirla en una vivienda de uso continuo para una familia con un número de miembros acorde a la vivienda.

El proyecto se estructura en los siguientes puntos:

- **Análisis de la vivienda.**

Antes de realizar cualquier decisión en cuanto a medidas de mejora se estudia la situación actual de la vivienda como son la situación, orientación, distribución de huecos y estancias, materiales con los que se ha construido y equipos de los que dispone. Una vez conocidos todos estos datos se modelizan en el programa informático C3X y se obtiene la calificación energética de la vivienda.

- **Mejora de la envolvente.**

Es evidente que si se quiere conseguir una vivienda autosuficiente y confortable para sus habitantes, esta ha de disponer de una “piel” que proteja y minimice el uso de los equipo de climatización. Por ello, se estudian las diferentes opciones que se pueden llevar a cabo para su mejora y se seleccionan las más adecuadas.

- **Diseño de los sistemas de climatización.**

El primer paso para seleccionar el sistema de climatización óptimo es conocer cuáles son las cargas térmicas que ha de vencer el equipo. Una vez conocidas se opta por un sistema de calefacción por suelo radiante y de un sistema de refrigeración aire-agua mediante fan coils.

- **Diseño de la instalación solar térmica.**

La instalación solar térmica se convierte en un elemento esencial ya que conseguirá calentar el agua durante todo el año utilizando como medio una energía limpia e infinita como el sol. El diseño y cálculo de la instalación solar térmica estará, priorizada para el invierno ya que es la época más crítica del año.

Gestión del agua.

Se diseñan y calculan las diferentes instalaciones para el reciclado y reutilización de aguas. Una para la recolección de aguas pluviales destinadas posteriormente a la lavadora y el riego del huerto y otro sistema reutilización de aguas grises para el llenado de la cisterna del inodoro.

- **Diseño de la instalación solar fotovoltaica.**

A partir de la demanda estimada se diseña y calcula la instalación solar fotovoltaica para cubrir la totalidad de la demanda energética de la vivienda, dotándola de tres días de autonomía.

- **Repercusión económica.**

Análisis de los costes que suponen las instalaciones para la autosuficiencia y un estudio de rentabilidad económica de la instalación fotovoltaica.

3. ESTADO ACTUAL

3.1. Ubicación y situación

La vivienda se encuentra situada en la partida Pla del Caball 64, Albalat dels Tarongers (Valencia). Es una parcela con una superficie de 1131 m², con referencia catastral 5420004YJ2952S0001WP y clase de suelo urbano.

Dentro de la parcela se encuentra:

ESPACIO	AREA
Vivienda	107,17 m ²
Piscina	45 m ²
Paellero	10 m ²

Tabla 1: Distribución parcela

La parcela tiene dos accesos: por el noreste por la carretera Pla de Caball y por el suroeste por una carretera sin asfaltar.

El chalet se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 173m.

Las coordenadas son: (Latitud, Longitud) 39.647526446361454, -0.3736531734466553

Planos de situación en anexo.

3.2. Descripción del edificio

La vivienda fue construida en 1987. Tiene una superficie en planta de 127,42m² y una altura libre de 2,70m. Consta de una única planta con la siguiente distribución: salón-comedor, cocina, baño, habitación 1, habitación 2, habitación 3 y habitación 4.

Se trata de una vivienda aislada por lo que no existen viviendas colindantes con las que hace medianera.



Ilustración 1: Vivienda vista general



Ilustración 2: Vivienda vista general 2

La estructura de la vivienda se corresponde con una tipología de pilares de fábrica de ladrillo de 40x40cm y vigas colgadas de hormigón armado.

La cimentación es superficial mediante zapatas aisladas unidas mediante riostras.

3.2.1. Fachadas

Las fachadas están compuestas por una única hoja de fábrica de ladrillo de 12cm de espesor, revestidas por el exterior por una capa de mortero bastardo y pintura a la cal, e interiormente por enlucido de yeso.

La composición del cerramiento de dentro hacia fuera es:

- Enlucido de yeso. 1cm
- Fábrica de ladrillo. 12cm
- Mortero bastardo. 1cm
- Pintura a la cal. 2mm

En las zonas de aseo y cocina el revestimiento interior es un alicatado.

En las fachadas orientadas al sureste y noreste existen dos tipos de revestimiento exterior: uno el descrito anteriormente de mortero y pintura y otro con aplacado de piedra y cerámico.



Ilustración 3 Revestimiento de piedra



Ilustración 4 Revestimiento cerámico

Dada la antigüedad de la vivienda no existe ningún tipo de aislamiento, aspecto imprescindible y que será mejorado en el proyecto.

3.2.2. Cerramientos interiores

La hoja de partición interior es de 5cm de espesor de fábrica de ladrillo cerámico hueco de 4cm, para revestir, recibida con mortero de cemento y enlucida en ambas caras por enlucido de yeso de 1cm.

3.2.3. Cubierta

Cubierta plana no transitable cuyo elemento estructural es un forjado horizontal unidireccional de hormigón armado con capa de compresión de 5cm, aligerado mediante bovedillas de hormigón con un canto total de 30cm. Sobre este se dispone una formación de pendientes de hormigón aligerado y una lámina de impermeabilizante no autoprotegida que sirve a sí mismo como acabado de la cubierta no transitable.

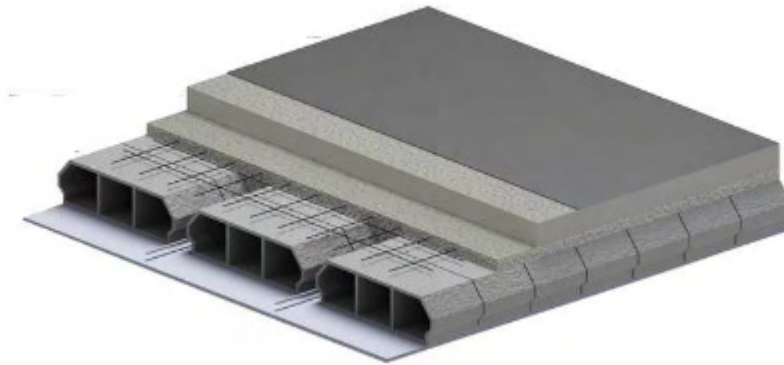


Ilustración 5: Sección cubierta

La composición de la cubierta de dentro a fuera es:

- Enlucido de yeso. 1cm
- Forjado unidireccional de vigueta prefabricada resistente con piezas de entrevigado de hormigón. 30cm
- Formación de pendientes a base de hormigón aligerado. 10cm
- Lamina impermeable de betún. 2mm



Ilustración 6: Cubierta

Cabe destacar que en la cubierta existe un único sumidero y no se encuentra situado en el lugar más adecuado. Ver plano de cubierta en anexo. Además la cobertura final se realiza con láminas impermeables no autoprotegidas.

En el proyecto se diseñarán medidas para mejorar la evacuación de las aguas y la protección de la cubierta.

3.2.4. Cerramiento en contacto con el terreno

Se estima que la composición de este cerramiento a falta de datos concretos es:

- Encachado. 20cm
- Solera de hormigón. 20cm

- Mortero de agarre. 1,5cm
- Pavimento. 2cm

3.2.5. Carpintería exterior

La carpintería es de madera de dos hojas abatibles hacia el interior y cristal monolítico de 6mm. Todas las ventanas tienen la misma dimensión de 124cmx104cm a excepción de la que se encuentra en el aseo de 35x35cm, y carecen de caja de persiana.



Ilustración 7: Ventana abatible

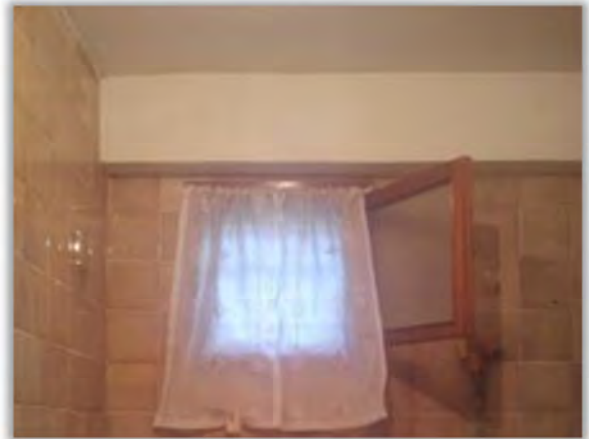


Ilustración 8: Ventana aseo

3.2.6. Cuadro de superficies y volúmenes

A continuación se presentan el cuadro de superficies útiles de cada una de las estancias:

CUADRO DE SUPERFICIES UTILES	
Estancia	Superficie (m ²)
Porche	9.76
Salón-Comedor	41.5
Cocina	10
Aseo	4
Pasillo	4.3
Habitación 1	7.25
Habitación 2	7.8
Habitación 3	11.66
Habitación 4	10.9
TOTAL	107,17
CUADRO RESUMEN SUPERFICIES	
Superficie Útil	107,17
Superficie Construida	127,47

Tabla 2: Cuadro de superficies

La altura libre de la vivienda es de 2,70m. Esta altura sufre una pequeña variación en las estancias donde se encuentran vigas colgadas, pero esta variación es insignificante y no se tendrá en cuenta, por tanto los volúmenes por estancias son:

Estancia	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)
Salón-Comedor	41.5	112.05
Cocina	10	27.00
Aseo	4	10.80
Pasillo	4.3	11.61
Habitación 1	7.25	19.58
Habitación 2	7.8	21.06
Habitación 3	11.66	31.48
Habitación 4	10.9	29.43
TOTAL	97.41	263.01

Tabla 3: Cuadro de volúmenes

Como se observa no se ha tenido en cuenta el porche, ya que no se trata de una habitación cerrada. Además estos datos servirán para el cálculo de la climatización por lo que no tiene sentido incluir el porche, ya que no será climatizado.

3.3. Instalaciones

3.3.1. Fontanería

La producción de ACS se realiza a través de un termo eléctrico mural de 1200 W con una capacidad 50 l de la casa Cointra. Que da servicio a una salida en la cocina y dos en el aseo.



Ilustración 9: Termo 50l

La capacidad de abastecimiento del servicio de ACS es muy reducida, pero para las condiciones en que se usa en la actualidad es suficiente. En el proyecto se ampliará este servicio, ya que se pretende diseñar una vivienda de uso continuo.

3.3.2. Eléctrica

El grado de electrificación de la vivienda es de 9200W, ya que al estudiar el cuadro general de mando y protección, se observa que el calibre del IGA es de 40A. Y la potencia contratada de 3450W, ya que el calibre del ICP es de 15A

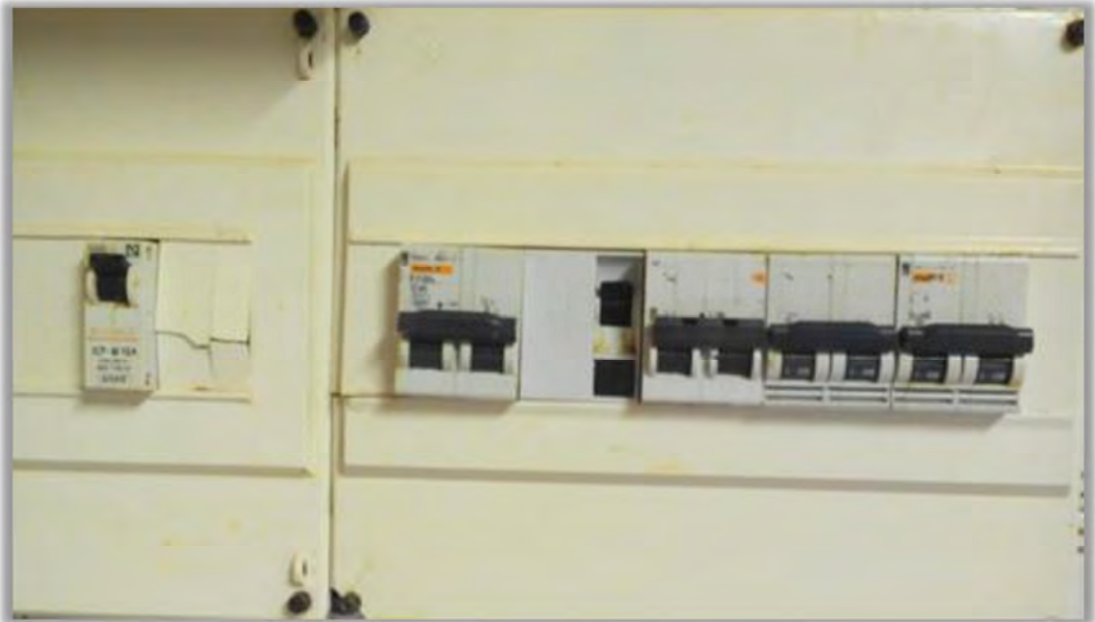


Ilustración 10: Cuadro general mando y protección



Ilustración 11: ICP



Ilustración 12: IGA

En el cuadro se encuentra el interruptor diferencial y tres PIAs correspondientes a los circuitos de:

- Tomas de corriente
- Alumbrado
- Alumbrado exterior

Se ha estimado que los PIAs corresponden con estos circuitos ya que como se aprecia en la foto, la información acerca de los interruptores se ha borrado.

Los puntos de suministro en cada una de las estancias son:

CUADRO POR ESTANCIAS DE SUMINISTRO ELECTRICO		
Estancia	Puntos iluminación	Tomas de corriente
Salón-Comedor	1	3
Cocina	1	2
Aseo	2	1
Pasillo	-	1
Habitación 1	1	2
Habitación 2	1	1
Habitación 3	1	1
Habitación 4	1	1

Tabla 4: Punto suministro por estancias

3.4. Climatización

En el estado actual la vivienda no cuenta con ningún tipo de refrigeración y se limita a la ventilación natural cuando existen corrientes de aire.

En calefacción si existe una estufa de leña situada en el salón comedor.

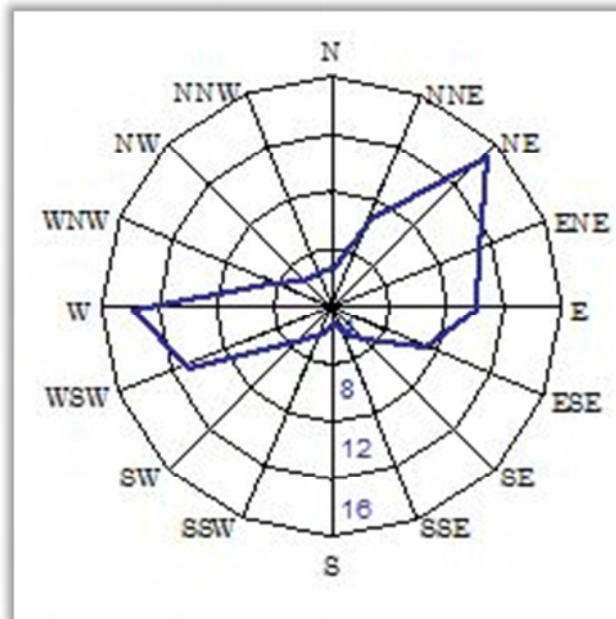


Ilustración 13: Estufa de leña

Mediante la estufa se consigue alcanzar una temperatura confortable en el salón-comedor y en la habitación más cercana. Sin embargo, el resto de habitaciones no consiguen beneficiarse de esta fuente de calor. Por ello uno de los puntos a mejorar será el sistema de calefacción del inmueble.

3.5. Ventilación natural

Los vientos dominantes en la situación de la vivienda son los que se muestran a continuación en la rosa de los vientos:



Il·lustració 14: Rosa de vientos. Fuente: C condiciones exteriores de proyectos IDAE

Como se observa los vientos dominantes son provenientes del oeste y noreste. De noviembre a marzo el viento predominante proviene del oeste y entre mayo y octubre del noreste.

Si se analiza el diseño interior de la vivienda con los vientos dominantes en verano, ya que es la época del año en la que se abren las ventanas de la vivienda para la circulación del aire, se obtiene:

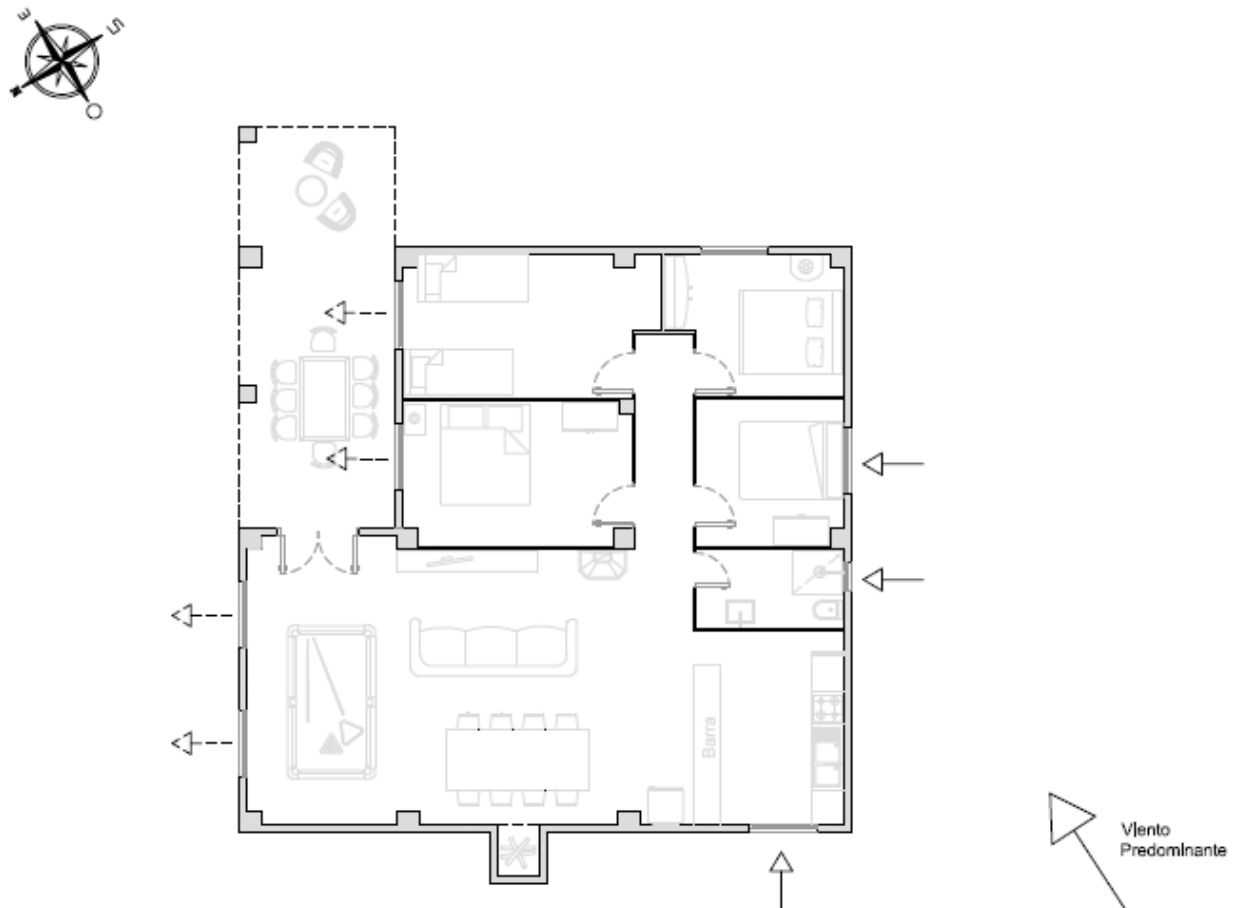


Ilustración 15: Ventilación por medios naturales

Como se observa en la Ilustración 15: Ventilación por medios naturales, la distribución interior de la vivienda no es la adecuada con los vientos dominantes de la zona, ya que las entradas de aire se realizan por las estancias donde hay extracción de aire, a excepción del dormitorio 1.

Así la ventilación de la vivienda es inadecuada. Una buena distribución del interior de la vivienda en función de los vientos hubiera sido la entrada de aire por el salón-comedor y alguna habitación y la salida por la cocina, aseo o habitación. De este modo se hubieran conseguido corrientes de aire internas que evacuaran el aire por los cuartos húmedos, consiguiendo una correcta aireación del interior de la vivienda.

3.6. Transmitancia térmica

Se muestra a continuación los cálculos de la transmitancia térmica de cada uno de los cerramientos que componen la envolvente de la edificación. Para su cálculo se ha tenido en cuenta los materiales de los que se componen cada uno de los cerramientos, el espesor de cada uno de los materiales y su coeficiente de transmisión térmica.

Dependiendo del tipo de cerramiento que se esté estudiando el cálculo se realiza de un modo u otro, de igual modo también variara si el flujo de calor es vertical u horizontal.

Los valores de transmitancia térmica calculados se comparan con la transmitancia máxima y la característica del CTE DB HE-1 en la versión de Diciembre de 2013

3.6.1. Fachada

- Fachada de una hoja de medio pie con revestimiento exterior continuo y enlucido interior de yeso.

Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor					Paramento vertical / Flujo horizontal			
	e	lambda	R	R				
	metros	W/mK	m2K/W	m2K/W				
Rse								0.040
MORTERO DE CEMENTO d> 2000	0.04	0.010	1.8				0.006	
Tabicón LH triple	0.12	0.120	0.43				0.281	
Enlucido de yeso	0.01	0.010	0.3				0.033	
								0.130
Resistencia térmica	Rt = Suma Ri			0.14		m2K/W	0.490	
Transmitancia	U = 1 / Rt					W/m2	2.041	
NO CUMPLE TRANSMITANCIA MÁXIMA							U max	0.75
NO CUMPLE TRANSMITANCIA CARACTERÍSTICA							U car:	0.29

Tabla 5: Transmitancia fachada 1

- Fachada de una hoja de medio pie con revestimiento exterior continuo y alicatado interior

Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor				Paramento vertical / Flujo horizontal			
	e	lamda	R	R			
	metros	W/mK	m2K/W	m2K/W			
Rse							0.040
MORTERO DE CEMENTO d> 2000	0.04	0.010	1.8				0.006
Tabicón LH triple	0.12	0.120	0.43				0.281
MORTERO DE CEMENTO d> 2000	0.04	0.010	1.8				0.006
Azulejo cerámico	0.01	0.010	1.3				0.008
							0.130
Resistencia térmica	Rt = Suma Ri			0.15	m2K/W		0.470
Transmitancia	U = 1 / Rt				W/m2		2.128
NO CUMPLE TRANSMITANCIA MÁXIMA						U max	0.75
NO CUMPLE TRANSMITANCIA CARACTERÍSTICA						U car:	0.29

Tabla 6: Transmitancia fachada 2

Como se observa en el cálculo realizado la diferencia de colocar un tipo de revestimiento u otro es apenas significativa 0,037 W/m².

En la vivienda se encuentra un tercer tipo de fachada con un revestimiento exterior de piedra y alicatado a mitad altura. Pero no se calcula su transmitancia, ya que el valor de ésta va a ser prácticamente igual a la de las fachadas anteriores y el objetivo de estos cálculos es saber si se cumple o no con la normativa, y se ha demostrado que no es así, con resultados que distan mucho del cumplimiento.

3.6.2. Cubierta

Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor		Cerramiento horizontal / Flujo ascendente			
		e metros	lamda W/mK	R m ² K/W	R m ² K/W
Rse					1 0.040
	LAMINA BITUMINOSA	29	0.005	0.19	0.026
	HORMIGON LIGERO 1400kg/m ³	88	0.100	0.55	0.182
	FORJADO UNIDIRECCIONAL BOV HORMIGÓN 30	95	0.300	1.43	0.210
	Enlucido de yeso	116	0.010	0.3	0.033
					1 0.100
Resistencia térmica Rt = Suma Ri			0.415	m ² K/W	0.591
Transmitancia U = 1 / Rt				W/m ² K	1.691
NO CUMPLE TRANSMITANCIA MÁXIMA				U max	0.50
NO CUMPLE TRANSMITANCIA CARACTERÍSTICA				U car:	0.36

Tabla 7: Transmitancia cubierta

3.6.3. Cerramiento contacto con el terreno

Se estima que la solera se encuentra entre 0,5m por debajo del terreno y el nivel del terreno. Además como se ha descrito en el punto anterior la solera carece de aislamiento, por tanto la transmitancia resultante es:

E.1.2.1 Suelos en contacto con el terreno					
CASO 1 Soleras o losas apoyadas sobre el nivel del terreno o como máximo 0,50m por debajo de este					
	Area de la solera A =	106.49	m ²		
	Longitud del perímetro de la solera P =	45.73	m		
	B' = A / (P/2) =	4.66			
	Espesor del aislamiento D=	0.00	m		
	Lana de Roca proyectada	0.041	W/m ² K		
	Espesor aislante	0.00	m		
	Ra = resistencia térmica del aislante	0.00	m ² K/W		
	Us=transmitancia térmica	2.00	W/m ² K	Buscar en la	Tabla E3

Tabla 8: Transmitancia solera

No cumple con la transmitancia máxima de 0,75 W/m²K.

3.6.4. Puentes térmicos

El CTE HE1 no obliga a cumplir la transmitancia térmica máxima en puentes térmicos, aun así se van a estudiar los casos que existan. Ya que posteriormente en las propuestas de mejora si se tendrán en cuenta.

- Frente de pilares

Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor		Paramento vertical / Flujo horizontal			
		e	lamda	R	R
		metros	W/mK	m ² K/W	m ² K/W
Rse					1 0.040
	MORTERO DE CEMENTO d>2000	94	0.010	1.8	0.006
	Tabicón LH triple	71	0.400	0.43	0.937
	Enlucido de yeso	116	0.010	0.3	0.033
					1 0.130
Resistencia térmica	$R_t = \text{Suma } R_i$		0.421	m ² K/W	1.146
Transmitancia	$U = 1 / R_t$			W/m ² I	0.873
NO CUMPLE TRANSMITANCIA MÁXIMA					U max 0.75

Tabla 9: Transmitancia frente de pilares

- Jambas

Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor		Paramento vertical / Flujo horizontal			
		e	lamda	R	R
		metros	W/mK	m ² K/W	m ² K/W
Rse					1 0.040
	MORTERO DE CEMENTO d>2000	94	0.010	1.8	0.006
	Tabicón LH triple	71	0.120	0.43	0.281
	Enlucido de yeso	116	0.010	0.3	0.033
					1 0.130
Resistencia térmica	$R_t = \text{Suma } R_i$		0.14	m ² K/W	0.490
Transmitancia	$U = 1 / R_t$			W/m ² I	2.041
NO CUMPLE TRANSMITANCIA MÁXIMA					U max 0.75

Tabla 10: Transmitancia jambas

- Frente de forjado

Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor		Paramento vertical / Flujo horizontal			
		e	lamda	R	R
		metros	W/mK	m ² K/W	m ² K/W
Rse					1 0.040
	MORTERO DE CEMENTO d>2000	94	0.010	1.8	0.006
	Ladrillo hueco LH	60	0.040	0.32	0.125
	MORTERO DE CEMENTO d>2000	94	0.010	1.8	0.006
	FORJADO UNIDIRECCIONAL BOV HORMIGÓN 30	95	0.080	1.43	0.056
					1 0.130
Resistencia térmica	$R_t = \text{Suma } R_i$		0.14	m ² K/W	0.362
Transmitancia	$U = 1 / R_t$			W/m ² I	2.762
NO CUMPLE TRANSMITANCIA MÁXIMA					U max 0.75

Tabla 11: Transmitancia frente de forjado

3.6.5. Huecos

Todos los huecos de la vivienda a excepción de la puerta se corresponden con una misma tipología de ventana, con el mismo tipo de vidrio, marco y dimensiones. Así calculada la transmitancia de una de las ventanas se tendrán las del resto.

Cálculo de la transmitancias térmica de huecos	Vent	Puertas
FM fracción del hueco ocupada por el marco	0.20	1.00
	monolítico	madera
U _{hv} transmitancia térmica de la parte semitransparente	6.80	0.00
U _{hm} transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario	2.10	2.10
U _h = (1-FM)U _{hv} + FM U _{hm} =	5.86	2.10

Tabla 12: Transmitancia huecos

La transmitancia térmica máxima en huecos para la zona C3 es de 3,1 W/m²K, por tanto las **ventanas NO CUMPLEN** la transmitancia térmica máxima.

Para el cálculo del factor solar modificado en la vivienda se tienen 4 casos diferentes:

- Ventanas al NE

Obstáculos de fachada: Voladizo	Ventana
Color del marco	Marrón medio
a absorptividad del marco, ver Tabla E.10	0.75
F _s factor de sombra del hueco o lucernario, ver Tablas E11	
L	2.92
D	0.66
H	0.94
L/H	3.11
D/H	0.70
Orientación	NE
FS (ver Tabla 11)	0.75
FM fracción del hueco ocupada por el marco	0.20
g [^] el factor solar de la parte semitransparente	0.85
U _m transmitancia térmica del marco del hueco	2.10
$F = F_s \cdot [(1-FM) \cdot g^{\wedge} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot a] =$	0.52

Tabla 13: F_H ventanas al NE con voladizo

- Ventanas al NE y NO

Obstáculos de fachada: Retranqueos	Ventanas
Color del marco	Marrón medio
a absorptividad del marco, Tabla E.10	0.75
F _s factor de sombra del hueco o lucernario, Tablas E11 a E15	
R	0.10
W	1.01
H	0.94
R/W	0.10
R/H	0.11
Orientación	NE/NO
FS (Tabla 12)	0.93
FM fracción del hueco ocupada por el marco	0.20
g [^] el factor solar de la parte semitransparente	0.85
U _m transmitancia térmica del marco del hueco	5.86
$F = F_s \cdot [(1-FM) \cdot g^{\wedge} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot a] =$	0.67

Tabla 14: F_H ventanas al NE y NO con retranqueo

- Ventanas al SO y SE

Obstáculos de fachada: Retranqueos		Ventanas
Color del marco		Marrón medio
a absorptividad del marco, Tabla E.10		0.75
Fs factor de sombra del hueco o lucernario, Tablas E11 a E15		
R		0.10
W		1.01
H		0.94
R/W		0.10
R/H		0.11
Orientación		SE/SO
FS (Tabla 12)		0.79
FM fracción del hueco ocupada por el marco		0.20
g ^ el factor solar de la parte semitransparente		0.85
Um transmitancia térmica del marco del hueco		5.86
$F = Fs \cdot [(1-FM) \cdot g + FM \cdot 0,04 \cdot Um \cdot a] =$		0.57

Tabla 15: F_H ventanas al SE y SO con retranqueo

- Ventana aseo

Obstáculos de fachada: Retranqueos (aseo)		Ventanas
Color del marco		Marrón medio
a absorptividad del marco, Tabla E.10		0.75
Fs factor de sombra del hueco o lucernario, Tablas E11 a E15		
R		0.10
W		0.47
H		0.47
R/W		0.21
R/H		0.21
Orientación		SO
FS (Tabla 12)		0.47
FM fracción del hueco ocupada por el marco		0.20
g ^ el factor solar de la parte semitransparente		0.85
Um transmitancia térmica del marco del hueco		5.86
$F = Fs \cdot [(1-FM) \cdot g + FM \cdot 0,04 \cdot Um \cdot a] =$		0.35

Tabla 16: F_H ventana aseo

3.6.6. Resumen

Dada la fecha de construcción de la vivienda las transmitancias en todos sus cerramientos son demasiado altas, ya que en ninguno de ellos se ha incorporado el aislamiento térmico. Esto provocará que se tenga que hacer un mayor uso de las instalaciones de climatización, con el consiguiente empleo de energía o bien que las personas que residan no se encuentren confortables.

Al comparar estos valores con los que exige actualmente el CTE HE, se observa la gran diferencia que hay y la necesidad de medidas para alcanzar los requisitos que se le exigiría a una nueva edificación.



La calificación del inmueble se realiza con el programa informático C3X. Hay que tener en cuenta que a pesar de que Valencia se encuentra en la zona climática B3, debido a la altura donde se sitúa la vivienda $h=173\text{m}$, hay que modificarla a C3.

Realizado los cálculos se obtiene una **calificación energética del edificio E:**

Ilustración 16: Resultados calificación energética

Con unos resultados de calefacción y refrigeración de:

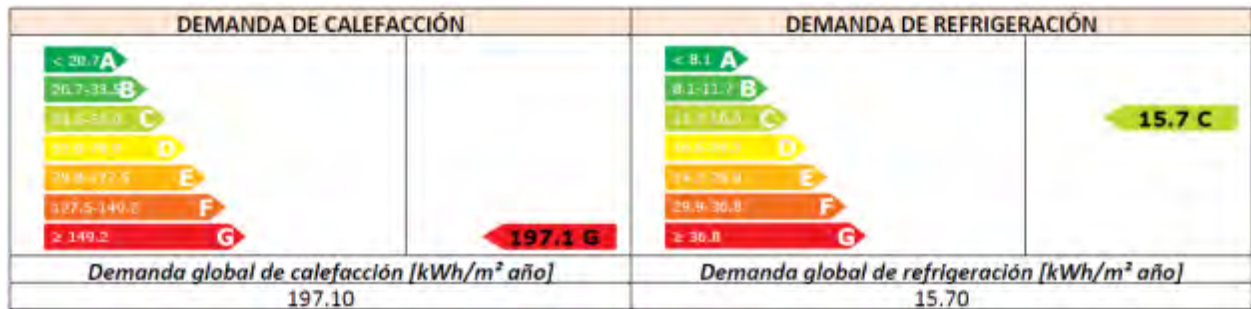


Ilustración 17: Demanda en calefacción y refrigeración estado inicial

3.7.2. Posibles mejoras

Como medidas de mejora se proponen

- Mejora de la envolvente

Se propone la incorporación de aislamiento tanto en fachada como en cubierta:

- SATE con 4.0 cm.
- Aislamiento de la cubierta por el exterior con 6.0 cm.

Se elige un sistema de aislamiento térmico por el exterior por varias razones:

- Existe espacio para su colocación, ya que es una vivienda aislada y dispone del espacio necesario y al tratarse de una única planta no es necesario la utilización de medios auxiliares para su colocación, lo cual encarecería su instalación.
- Se eliminan todos los puentes térmicos.
- No se reduce el espacio útil de la vivienda.

Como resultado de estas medidas se consigue una mejora en la calificación E:

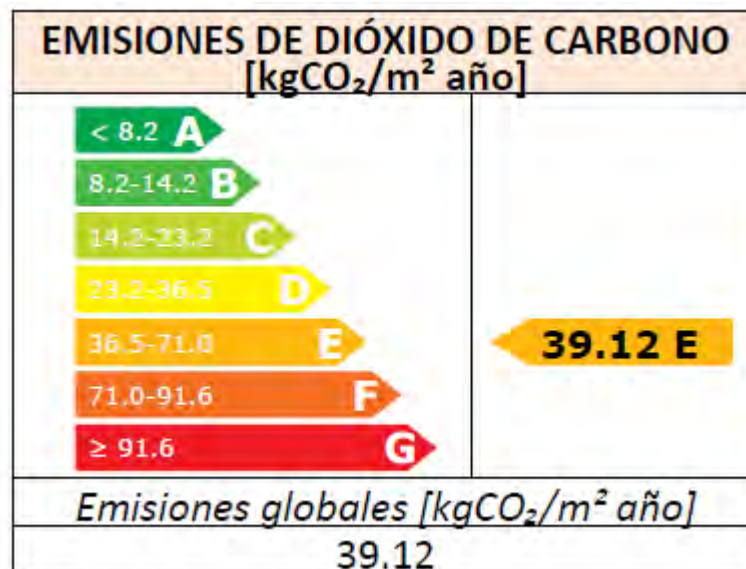


Ilustración 18: Resultados calificación energética con mejora envolvente

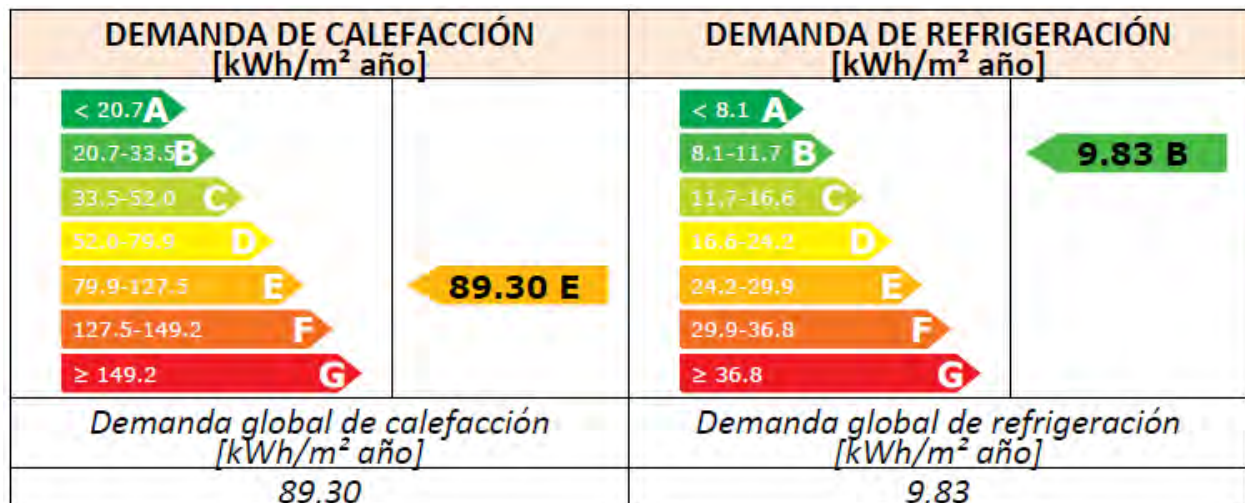


Ilustración 19: Demanda calefacción y refrigeración con mejora de envolvente

A pesar de que se sigue estando en la misma letra “E”. Las mejoras en la vivienda son evidentes y se ha pasado de estar rozando la F a estar rozando la D.

- Mejora de la envolvente + caldera de alta eficiencia

En esta opción se ha incorporado a las medidas anteriores una caldera de alta eficiencia. Consiguiendo mejorar la producción de ACS.

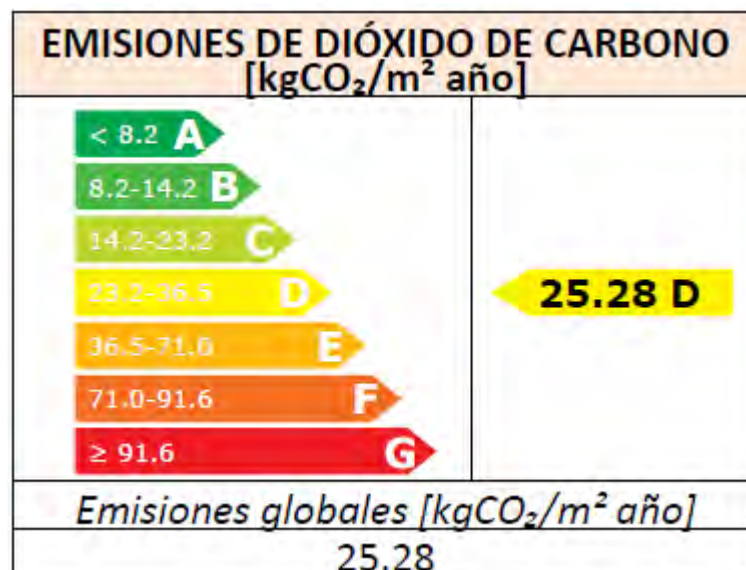


Ilustración 20: Resultados calificación energética con mejora envolvente y caldera

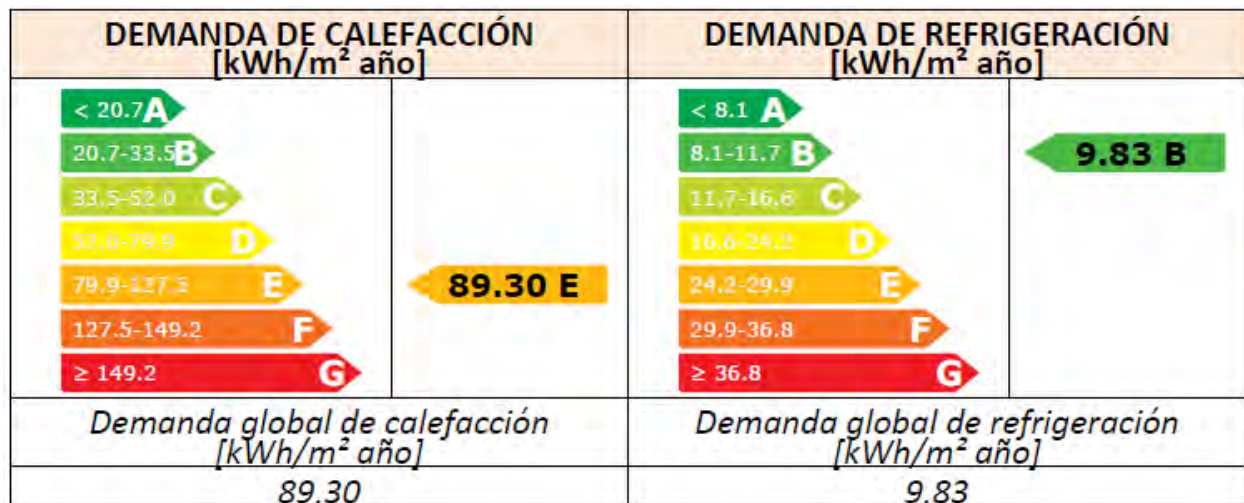


Ilustración 21: Demanda calefacción y refrigeración con mejora de envolvente y caldera

- Mejora de la envolvente + caldera de biomasa

Por último se opta las mismas mejoras en la envolvente e incorporar una caldera de biomasa.

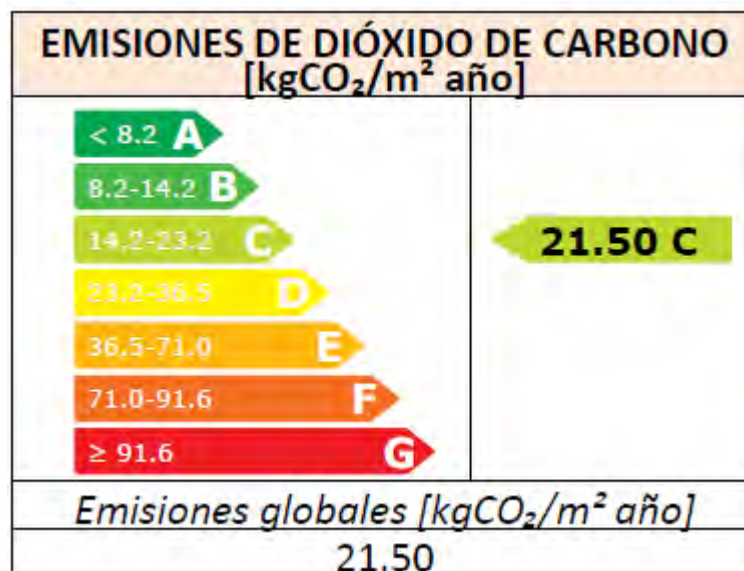


Ilustración 22: Resultados calificación energética con mejora envolvente y caldera biomasa

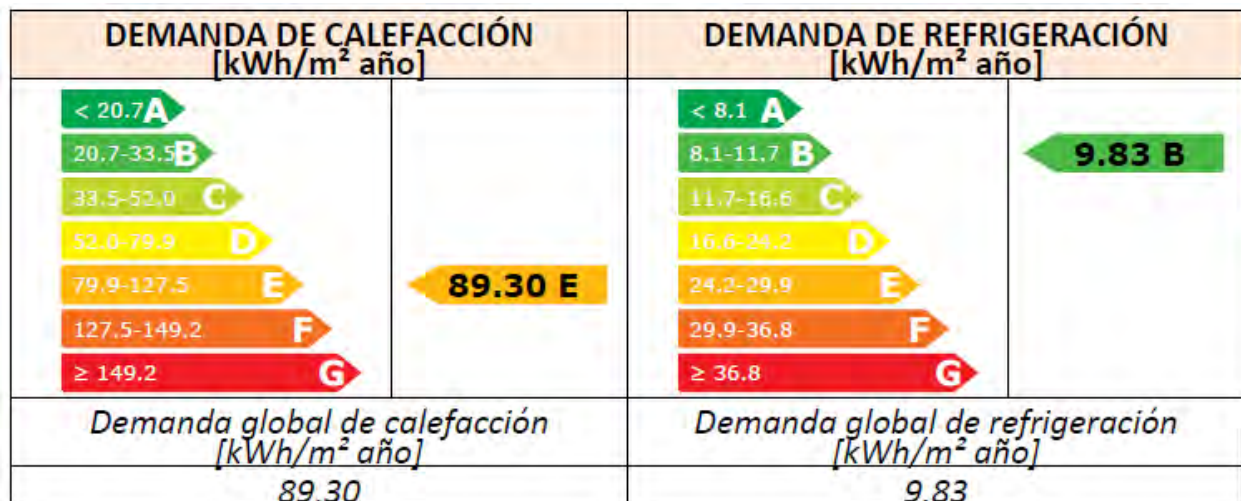


Ilustración 23: Demanda calefacción y refrigeración con mejora de envolvente y caldera biomasa

4. PROGRAMA DE NECESIDADES

Una vez analizada la vivienda objeto de estudio y sabiendo su emplazamiento, geometría, orientación, transmitancias térmicas y equipos, se presenta un programa de necesidades para mejorar el comportamiento energético del inmueble.

La distribución de las estancias de la vivienda no será modificada a excepción del dormitorio que se substituirá por una sala de estudio. Por tanto la vivienda se compondrá de:

- Salón-Comedor
- Cocina
- Aseo
- Sala de estudio
- Dormitorio 1
- Dormitorio 2
- Dormitorio 3

El nuevo plano de distribución de la vivienda será:

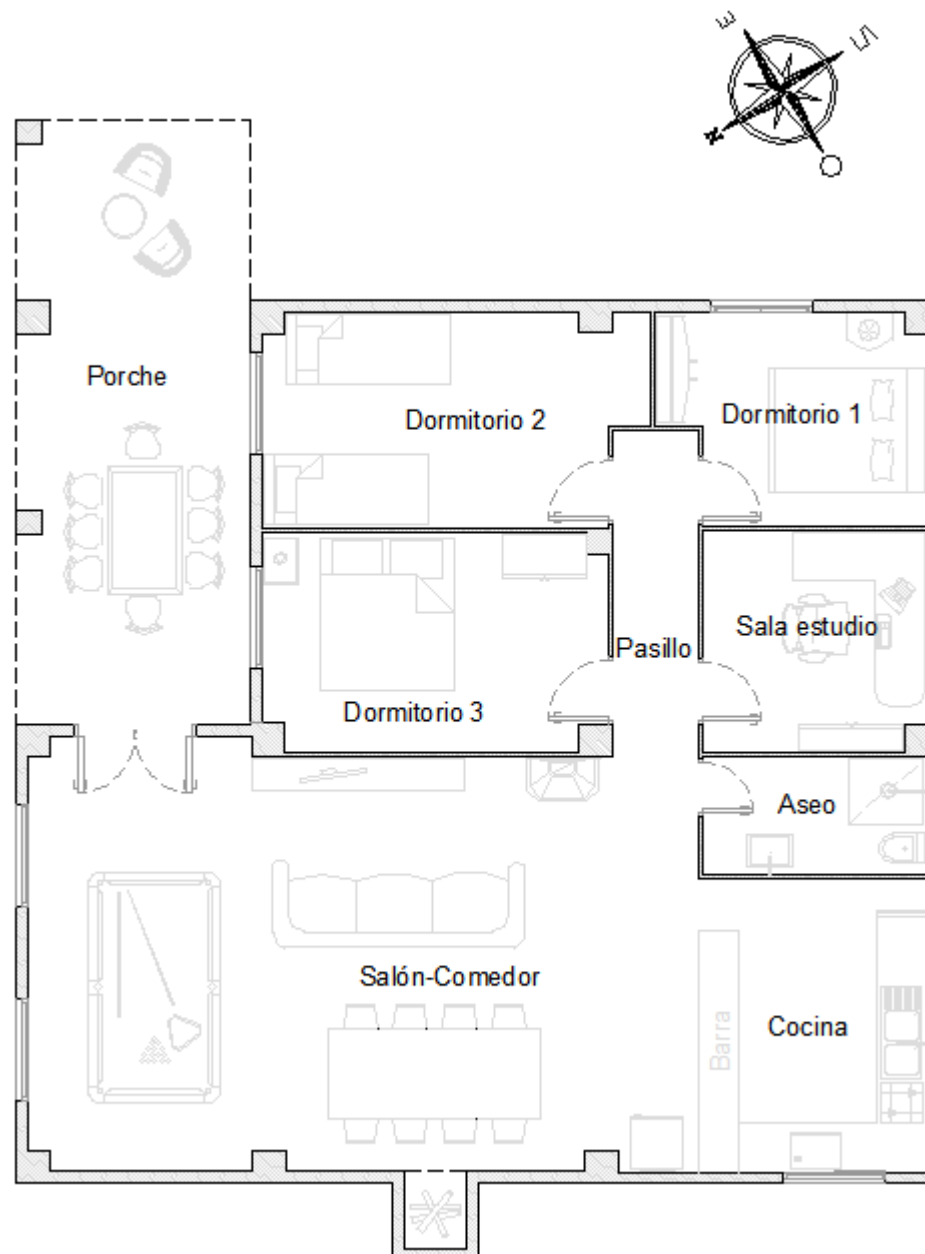


Ilustración 24: Plano actual

Se decide colocar la sala de estudios en dicha habitación por tal de sacar un máximo rendimiento a las horas de luz natural y minimizar así el gasto de electricidad. Como se puede comprobar en el plano, el hueco de la estancia seleccionada es el que tiene una mayor orientación hacia el sur.

Las actuaciones que se llevarán a cabo serán:

Mejora de la envolvente

A partir de los datos obtenidos en el cálculo de la transmitancia térmica, se estudia la incorporación de aislamiento térmico en su envolvente, para mejorar su comportamiento. De igual modo, se estudiará la posibilidad de cambiar las ventanas por otros con mayor capacidad de aislamiento.

Sistemas de climatización.

Se calculará la carga térmica del inmueble y se diseñarán las instalaciones necesarias para la climatización de la vivienda. Conociendo la carga térmica se determinará y dimensionará el sistema que mejor se adecue tanto para la calefacción como para la refrigeración.

Instalación solar térmica.

Se calculará la demanda de agua caliente sanitaria y se efectuará el diseño y cálculo de la instalación solar térmica para el calentamiento de agua. Se dará prioridad a la demanda durante el invierno para que sirva de apoyo al sistema de calefacción.

De igual modo, se estudiará la posibilidad de que sirva de apoyo a la piscina en los meses de inicio y final de verano. Y así alargar su tiempo de utilización unos meses.

Se estudiará diferentes tipos de caldera para sustituir el termo eléctrico existente y se escogerá el que mejor se adecue a las variables del inmueble.

Recolección y reciclado de agua

Por un lado, se estudiará la incorporación de equipos para el reciclado de agua en los aparatos sanitarios. Y por otro, un sistema de recogida de aguas pluviales para su posterior uso como agua de riego para el jardín y huerto.

Instalación solar fotovoltaica.

Partiendo de la demanda eléctrica estimada, se diseña y calcula la instalación solar fotovoltaica para que cubra la totalidad de la demanda energética del inmueble, dotándola de tres días de autonomía.

5. CALCULO DE OCUPACIÓN MÁXIMA

El cálculo de la ocupación máxima de la vivienda es un dato imprescindible para el cálculo del agua caliente sanitaria y las cargas térmicas, ya que dependiendo del número de personas estas generarán mayor o menor carga térmica y se generará una cantidad de ACS u otra.

Al tratarse de un edificio existente se podría llevar a cabo su cálculo bien dependiendo del número de habitaciones CTE HE-4, o bien según la superficie CTE SI-3.

Atendiendo al número de habitaciones, conociendo que hay 3 dormitorios, el número de ocupantes sería 4.

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

Si se calcula tomando como referencia el CTE SI-3, para la ocupación se deben tomar los valores de densidad de ocupación que se muestran en la tabla 2.1 de dicho documento. En dicha tabla la ocupación varía dependiendo de la superficie útil de la vivienda.

Tabla 2.1. Densidades de ocupación ⁽¹⁾

Uso previsto	Zona, tipo de actividad	Ocupación (m ² /persona)
Cualquiera	Zonas de ocupación ocasional y accesibles únicamente a efectos de mantenimiento: salas de máquinas, locales para material de limpieza, etc.	Ocupación nula
	Aseos de planta	3
Residencial Vivienda	Plantas de vivienda	20

Así, si el inmueble dispone de 97,41m² (sin tener en cuenta el porche), se obtiene una ocupación de 4,87 personas.

Se establece que la **ocupación máxima de la vivienda será de 4 personas**. Se ha establecido 4 y no 5, porque tampoco parece razonable establecer una ocupación de 5 personas con un único aseo en la vivienda.

A la hora del cálculo de las cargas térmicas sí que resulta interesante tener la ocupación de personas por habitaciones según el criterio del CTE SI3, para así establecer las cargas debidas a la ocupación por personas.

Estancia	Superficie (m ²)	Ocupación CTE SI
Salón-Comedor	41.5	2.08
Cocina	10	0.50
Aseo	4	0.20
Pasillo	4.3	0.22
Estudio	7.25	0.36
Habitación 1	7.8	0.39
Habitación 2	11.66	0.58
Habitación 3	10.9	0.55
TOTAL		4.87

Tabla 17: Densidad ocupación por estancias

6. MEJORA ENVOLVENTE

6.1. Fachadas

La fachada es uno de los puntos clave a tener en cuenta en cualquier rehabilitación puesto que es la superficie por la que más transmisión de calor y frío se produce y la principal barrera de protección contra el ruido externo.

Un adecuado diseño de esta parte de la estructura será por tanto fundamental a la hora de conseguir un edificio cuya demanda energética para calefacción y refrigeración sea lo más reducida posible y, además, permita dotar a los usuarios de un adecuado confort interior.

Existen tres alternativas a la hora de acometer la mejora energética de la fachada colocando aislante térmico:

- Aislamiento de la fachada colocando por el exterior de la vivienda
- Aislamiento de la fachada colocando por la cámara de aire
- Aislamiento de la fachada colocando por el interior de la vivienda

Habiendo explicado anteriormente la composición de la fachada del inmueble, se sabe que es de una única hoja, por tanto la opción de la colocación del aislante en la cámara de aire queda anulada.

Se explican a continuación los otros dos métodos.

6.1.1. SATE

Este sistema de aislamiento térmico se basa en la colocación del aislante por la parte exterior del cerramiento.



Ilustración 25: SATE de ISOVER (catalogo ISOVER)

Al actuar por la cara exterior del cerramiento se presentan las siguientes ventajas:

- Si hay que reparar lesiones en el exterior de la fachada, es la solución más adecuada.
- Se aprovecha la inercia térmica del cerramiento.
- No es necesario desalojar la vivienda para realizar la intervención.
- Se corrigen los puentes térmicos, de modo que se evitan las paredes “frías” y el riesgo de formación de condensaciones superficiales e, incluso, moho.
- Reduce la sollicitación térmica de la estructura y por lo tanto las dilataciones.
- No se reduce la superficie útil de la vivienda.
- Protege el cerramiento original del edificio, incrementando su vida útil y por lo tanto la vida útil del edificio.

Y los siguientes inconvenientes:

- En general, la intervención por el exterior exige un mayor coste económico que si se realiza por el interior.
- Implica modificaciones en una serie de detalles: aleros, voladizos, ventanas, puertas y lugares donde la envoltura exterior se atravesase, para la adecuación al nuevo espesor de la fachada.
- Gran impacto estético.

6.1.2. Aislamiento por interior

Se puede llevar a cabo este sistema de dos maneras diferentes:

- Aplicando una capa de mortero sobre el cerramiento y a continuación cuando todavía está fresco se colocan las placas de aislamiento.



Ilustración 26: Proyección mortero (www.ipc.org.es)



Ilustración 27: Colocación paneles aislantes
(www.propamsa.es)

- Aislamiento mediante trasdosado de placa de yeso laminado



Ilustración 28: Panel aislante autoportante (www.tectónica.es)

Las ventajas que se presentan en los aislamientos por la cara interior son:

- Comparativamente con la solución de aislamiento por el exterior resulta más económica, siempre que no sea necesaria intervención alguna por el exterior debido a lesiones preexistentes.
- Posibilita la rehabilitación desde el punto de vista estético del interior, conformando una superficie plana y lisa que permite un acabado de pintura.
- Permite sanear los muros de fábrica cuando éstos presentan defectos.
- Puede aplicarse a cualquier tipo de soporte.
- Las soluciones por el interior permiten un mejor mantenimiento.
- No se modifica la apariencia estética exterior.

Y los siguientes inconvenientes:

- No es una solución adecuada cuando es necesario efectuar trabajos de impermeabilización o modificación de la fachada del edificio.
- Existe riesgo de condensaciones.
- No se eliminan los puentes térmicos existentes en la fachada original.
- No se aprovecha la inercia térmica del cerramiento.
- Zócalos, marcos de puertas y accesorios eléctricos deben volverse a colocar.
- Se pierde superficie útil de la vivienda.

6.2. Cubierta

La cubierta del edificio, cualquiera que sea su tipología constructiva, es el elemento más expuesto a los agentes externos. Por ese motivo es muy importante un adecuado mantenimiento preventivo de cara a prevenir posibles lesiones cuya reparación posterior supondría un mayor

coste. Cuando, por motivos de mantenimiento o reparación, se haga necesario intervenir en la cubierta, es importante contemplar la posibilidad de implementar el aislamiento térmico.

La intervención de la cubierta se puede realizar por el exterior e interior de igual modo que la fachada. Pero se descarta la intervención interior ya que la cubierta presenta fallos en el exterior tanto en sus pendientes y sumideros como en su capa de cobertura. Por tanto, como su intervención por la cara exterior es necesaria para subsanar estas no conformidades, se aprovechará la intervención y se añadirá el aislamiento térmico.

Las ventajas que se presentan al intervenir la cubierta por su cara exterior son:

- Si hay que reparar lesiones en el exterior, es la solución más aconsejable.
- Se aprovecha la inercia térmica del soporte resistente.
- No es necesario desalojar la vivienda para realizar la intervención.
- No se reduce la altura libre del bajo cubierta.

Sin embargo se tendrá que afrontar:

- Habrá que tener en cuenta el drenaje y los encuentros con elementos de la cubierta.
- Suele generar mayor coste económico que si realiza por el interior.

La intervención constará de una disposición de una capa de arcilla expandida para formar una correcta pendiente hasta el sumidero, un aislante térmico con el espesor adecuado y por último una capa de impermeabilización que impida el paso del agua.

No se opta por la instalación de una cubierta verde o vegetal porque no se quiere sobrecargar la cubierta y así no tener que reforzar la estructura para soportar estas nuevas cargas de sobrepeso. Hay que tener en cuenta que cuando llueve la cubierta vegetal absorbe esta agua provocando un aumento considerable de su peso.

6.3. Dimensionado

Se calcula a continuación las mejoras necesarias para cumplir con el DB HE-1, que para la zona del proyecto son:

Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² •K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² •K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m ² •K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m ³ /h•m ²]	< 50	< 50	< 50	< 27	< 27	< 27

Ilustración 29: Transmitancia térmica máxima. CTE

El sistema elegido para mejorar las fachadas es el sistema de aislamiento por el exterior, seleccionado principalmente por su mejor comportamiento energético respecto el aislamiento interior y que debido a que la vivienda es de una única planta no es necesario la utilización medios auxiliares como andamios.

Los espesores de aislamiento necesarios para cumplir con el CTE HE son:

- Fachada con enlucido interior de yeso

Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor		Paramento vertical / Flujo horizontal			
		e	lamda	R	R
		metros	W/mK	m2K/W	m2K/W
Rse				1	0.040
	MORTERO DE CEMENTO d>2000	94	0.010	1.8	0.006
	Aislante EPS Poliestireno expandido [0,037W/[mK]]	3	0.040	0.037	1.081
	Tabicón LH triple	71	0.120	0.427	0.281
	Enlucido de yeso	116	0.005	0.3	0.017
				1	0.130
Resistencia térmica	$R_t = \text{Suma } R_i$		0.175	m2K/W	1.554
Transmitancia	$U = 1 / R_t$			W/m2K	0.643
	CUMPLE TRANSMITANCIA MÁXIMA			U max	0.75

Tabla 18: Transmitancia fachada 1 reformada

- Fachada con alicatado interior

Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor		Paramento vertical / Flujo horizontal			
		e	lamda	R	R
		metros	W/mK	m2K/W	m2K/W
Rse				1	0.040
	MORTERO DE CEMENTO d>2000	94	0.010	1.8	0.006
	Aislante EPS Poliestireno expandido [0,037W/[mK]]	3	0.040	0.037	1.081
	Tabicón LH triple	71	0.120	0.427	0.281
	MORTERO DE CEMENTO d>2000	94	0.010	1.8	0.006
	Azulejo cerámico	57	0.010	1.3	0.008
				1	0.130
Resistencia térmica	$R_t = \text{Suma } R_i$		0.19	m2K/W	1.551
Transmitancia	$U = 1 / R_t$			W/m2K	0.645
	CUMPLE TRANSMITANCIA MÁXIMA			U max	0.75

Tabla 19: Transmitancia fachada 2 reformada

- Cubierta

Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor					Cerramiento horizontal / Flujo ascendente		
		e	lamda	R	R		
		metros	W/mK	m ² K/W	m ² K/W		
Rse					1		0.040
LAMINA BITUMINOSA	▼	29	0.005	0.19			0.026
Aislante EPS Poliestireno expandido [0,037W/(m·K)]	▼	3	0.060	0.04			1.622
HORMIGON LIGERO 1400kg/m ³	▼	88	0.100	0.55			0.182
FORJADO UNIDIRECCIONAL BOV HORMIGÓN 30	▼	95	0.300	1.43			0.210
Enlucido de yeso	▼	116	0.010	0.3			0.033
Rsi					1		0.100
Resistencia térmica $R_t = \text{Suma } R_i$					0.475	m ² K/W	2.213
Transmitancia $U = 1 / R_t$						W/m ² K	0.452
CUMPLE TRANSMITANCIA MÁXIMA						U max	0.50

Tabla 20: Transmitancia cubierta reformada

- Huecos

Cálculo de la transmitancias térmica de huecos	Ventana	Puerta
FM fracción del hueco ocupada por el marco	0.10	1.00
dobles bajo emisivo		madera
U _{hv} transmitancia térmica de la parte semitransparente	3.00	0.00
U _{hm} transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario	2.10	2.10
U _h = (1-FM)U _{hv} + FM U _{hm} =	2.91	2.10

Tabla 21: Transmitancia huecos reformados

Como se muestra para cumplir con las transmitancias máximas es necesario colocar en fachadas un aislante térmico de 4cm, en cubierta de 6cm y cambiar las ventanas por otras con un vidrio doble bajo emisivo.

Al volcar estos datos, junto la geometría de la vivienda al programa informático de la herramienta unificada LIDER-Calener VYP, se obtienen los siguientes resultados: según versión Diciembre 2013 del CTE DB HE

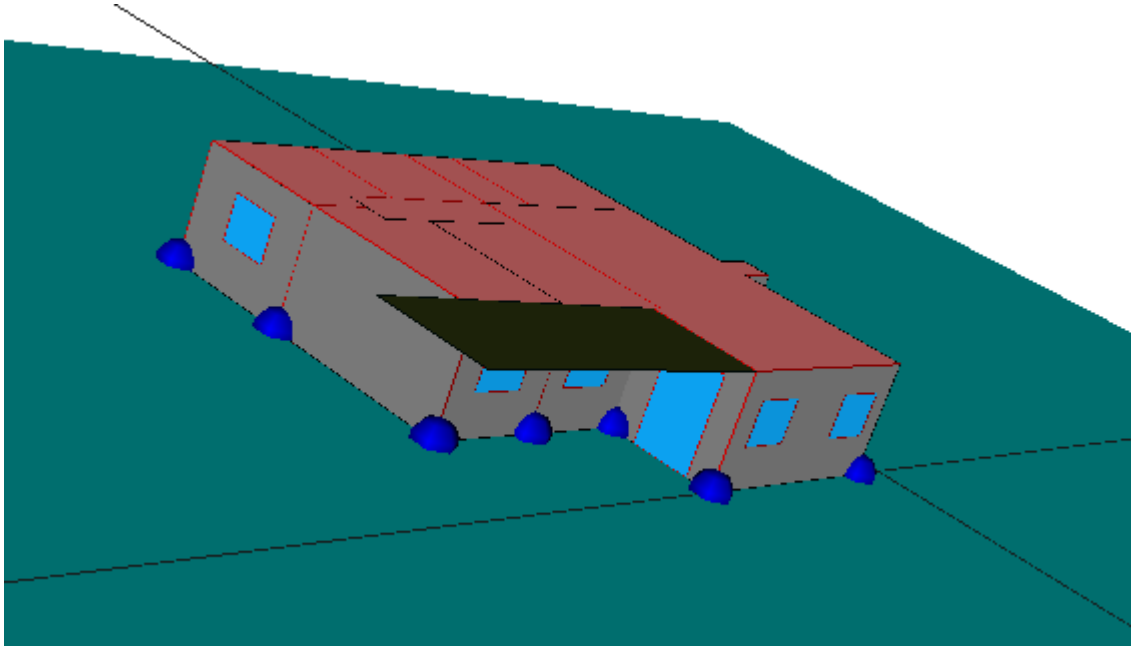


Ilustración 30: Vista vivienda en herramienta unificada LIDER-Calener VYP



Ilustración 31: Resultados con herramienta unificada

Como se observa incorporando los espesores de aislamiento de 4cm en fachadas, 6cm en cubierta y cambiando el vidrio de las ventanas por dobles bajos emisivos, se cumple con la normativa.

7. CARGAS

Para seleccionar y dimensionar los equipos de climatización óptimos, es necesario previamente realizar un estudio de las cargas que han de vencer los sistemas.

7.1. Cálculo caudal de aire mínimo exigido

El DB HS3-Calidad del aire interior exige unos caudales mínimos de ventilación:

Tabla 2.1 Caudales de ventilación mínimos exigidos

		Caudal de ventilación mínimo exigido q_v en l/s		
		Por ocupante	Por m ² útil	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2 ⁽¹⁾	50 por local ⁽²⁾
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

⁽¹⁾ En las cocinas con sistema de cocción por combustión o dotadas de calderas no estancas este caudal se incrementa en 8 l/s.

⁽²⁾ Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1).

Ilustración 32: Requisitos de caudal de aire (CTE)

Para la vivienda objeto de estudio estos requerimientos se traducen en los siguientes caudales de entrada y salida:

Caudales de ventilación mínimos exigidos					Superficie útil =	97.41m ²
					Altura media =	2.70m
	Caudal l/s	Medición	CTE	Corrección	Definitivo	
Habitación 3	5 por ocupante	0.55	2.75	2	5 l/seg	
Habitación 2	5 por ocupante	0.58	2.9	2	5 l/seg	
Habitación 1	5 por ocupante	0.39	1.95	2	4 l/seg	
Estudio	5 por ocupante	0.36	1.8	2	4 l/seg	
Salas de estar y comedores	3 por ocupante	2.08	6.24	10	16 l/seg	
Aseos y cuartos de baño	15 por local	1	-15	0	-15 l/seg	
Cocinas	2 por m ²	10	-20		-20 l/seg	
	50 por local	1			0 l/seg	
Total admisión			15.64		34 l/seg	
Total extracción			-35		-35 l/seg	
Diferencia de caudales			19.36		-1 l/seg	

-4%

Renovaciones / hora

0.48 **48%**

Tabla 22: Cálculo de caudales de ventilación

Como se observa en la tabla anterior es necesario añadir unos caudales de admisión adicionales en las habitaciones y salón-comedor, ya que si no se genera una depresión demasiado alta.

7.2. Cálculo cargas térmicas

La carga térmica es la cantidad de energía térmica, en la unidad de tiempo (potencia térmica) que un edificio, intercambia con el exterior debido a las diferentes condiciones higrotérmicas del interior y del exterior, considerandos éstas, las exteriores, como las más desfavorables. El cálculo de estas cargas permite disponer los sistemas adecuados de calefacción o refrigeración para compensarlas.

Las cargas térmicas a las que está sometida la vivienda se pueden clasificar en 4 grandes grupos: internas, externas, propias de la instalación y otras cargas.

Así mismo existen dos tipos de cargas térmicas la sensible y la latente.

- Cargas Térmicas Sensibles: son responsables de la variación de la temperatura seca del local.
- Cargas Térmicas Latentes: son las responsables de la variación de la humedad específica del aire a la temperatura seca del local.

7.2.1. Condiciones de la vivienda

- **VERANO**

Temperatura exterior seca: 32 °C

Temperatura exterior húmeda: 21.9 °C

Oscilación media diaria (OMD): 14.1 °C

Oscilación media anual (OMA): 32.4 °C

Temperatura seca interior vivienda: 24°C

Humedad relativa interior vivienda: 50%

- **INVIERNO**

Temperatura exterior seca: 2.6 °C

Oscilación media diaria (OMD): 14.1 °C

Oscilación media anual (OMA): 32.4 °C

Temperatura seca interior vivienda: 22°C

Humedad relativa interior vivienda: 50%

Temperatura de terreno: 6°C

7.2.2. Cargas internas en verano

Dentro de este grupo se encuentran las cargas producidas por la ocupación, la iluminación y el equipamiento interno.

- **OCUPACION**

Considerando una actividad física ligera en reposo

$$q_s = 88 \text{ w/persona}$$

$$q_l = 75 \text{ w/persona}$$

Carga sensible: $q_s = n * q_s$

$$q_s = 88 * 4 = 355 \text{ w}$$

Carga latente: $q_l = n * q_l$

$$q_l = 75 * 4 = 300 \text{ w}$$

$$\text{Carga Total} = 355 + 300 = 655 \text{ w}$$

Por estancia la carga queda distribuida:

Estancia	Ocupación CTE SI	qs (w)	ql (w)
Salón-Comedor	2.08	147.33	124.50
Cocina	0.50	35.50	30.00
Aseo	0.20	14.20	12.00
Pasillo	0.22	15.27	12.90
Estudio	0.36	25.74	21.75
Habitación 1	0.39	27.69	23.40
Habitación 2	0.58	41.39	34.98
Habitación 3	0.55	38.70	32.70
TOTAL	4.87	345.81	292.23
	4	355.00	300.00

Tabla 23: Cargas por estancia

• ILUMINACIÓN

La iluminación solo genera carga sensible. La fórmula para el cálculo de la carga sensible con luminarias incandescentes o fluorescentes es:

$$q_s = k * F * P_N \text{ (w)}$$

Dónde K : factor correctivo de almacenamiento

F : es el factor correctivo del tipo de alumbrado (1 para incandescente; 1,2 para fluorescentes con reactancias internas al local), y donde por simplificación tomaremos valores de factor correctivo de almacenamiento $K=1$

P_N : es potencia nominal de alumbrado instalada en el local [W].

Sin embargo para el presente proyecto todas las luminarias van a ser a ser sustituidas y serán de LED con las siguientes características:

- LED 12W, 700lm
- LED 18W, 1200lm
- LED 4W, 470lm
- LED 6W, 470lm
- Tubo LED 15W, 1300lm

En iluminación LED por simplificación se puede asemejar la potencia a la carga térmica. Por tanto el reparto de cargas por habitación será:

Estancia	Luminarias				Potencia (W)	Carga térmica (W)
	a	b	c	d		
Salón-Comedor	3	-	-	-	36	36
Cocina	-	1	-	-	18	18
Aseo	-	-	-	2	12	12
Estudio	1	-	1	-	20	20
Habitación 1	1	-	1	-	16	16
Habitación 2	1	-	1	-	16	16
Habitación 3	1	-	1	-	20	20
TOTAL					138	138

Tabla 24: Cargas por iluminación

• EQUIPAMIENTO INTERNO

Dependiendo del equipamiento estos pueden presentar solamente cargas sensibles o cargas sensibles y latentes.

Los equipos que únicamente generan cargas sensibles (varían la temperatura seca del lugar), esta carga será igual a su potencia.

$$q_s = P_n \text{ (W)}$$

Los equipos que generan carga sensible y latente (varían temperatura y humedad), hay dos variaciones:

- Si existe campana extractora, su carga térmica se considera fundamentalmente sensible.
- Si no existe campana extractora.

La fórmula para calcular la carga sensible de este equipamiento es:

$$q_s = K_n \cdot K_r \cdot P_n \text{ (w)}$$

Dónde: P_n : Potencia nominal del aparato (w)
 K_r : Factor de radiación (0,32)
 K_n : Factor de uso, valor el uso medio del aparato. (0,5)

La carga térmica por equipos queda distribuida del siguiente modo:

CARGAS POR EQUIPOS				
Estancia	Equipo	Potencia (W)	q_s (W)	q_l (W)
Cocina	Encimera	2500	400	-
	Horno	2500	400	-
	Microondas	900	144	-
	Lavadora	750	750	-
	Campana extractora	300	300	-
Subtotal		6950	1994	0
Salón	Nevera	200	32	168
	Televisión	200	200	-
	TDT	8	8	-
Subtotal		400	232	168
Estudio	Portátil	70	70	-
Baño	Secador de pelo	1580	675	120
Otros	Plancha	900	594	306
TOTAL			3503	594

Tabla 25: Cargas por equipos

- **TOTAL CARGAS INTERNAS**

TOTAL CARGAS INTERNAS VERANO							
Estancia	Carga Sensible				Carga Latente		
	Ocupantes	Iluminación	Equipos	TOTAL (W)	Ocupantes	Equipos	TOTAL (W)
Salón-Comedor	147.33	36	240	423.33	124.50	168	292.50
Cocina	35.50	18	1994	2047.50	30.00	0	30.00
Aseo	14.20	12	675	701.20	12.00	120	132.00
Pasillo	15.27	0	0	15.27	12.90	0	12.90
Estudio	25.74	20	0	45.74	21.75	0	21.75
Habitación 1	27.69	16	0	43.69	23.40	0	23.40
Habitación 2	41.39	16	594	651.39	34.98	306	340.98
Habitación 3	38.70	20	0	58.70	32.70	0	32.70
			TOTAL	3986.81		TOTAL	886.23

Tabla 26: Cargas internas verano

7.2.3. Cargas externas en verano

- **CARGA A TRAVES DE CERRAMIENTOS OPACOS**

La carga sensible se calculará mediante la siguiente expresión:

$$q_s = U \cdot S \cdot \Delta T_{eq} \text{ [W]}$$

Dónde:

S = superficie del cerramiento [m^2].

U = transmitancia térmica del cerramiento [$W/m^2 K$].

ΔT_{eq} = incremento de temperaturas equivalente entre los ambientes externo e interno [$^{\circ}C$].

ΔT_{eq} para fachadas y cubiertas:

$$\Delta T_{eq} = C \cdot \Delta T_{eq}(\text{tabla}) + (24 - T_i) + (T_M - 30) \text{ } [^{\circ}C],$$

Dónde:

C = (1 pared oscura, 0,85: color medio, 0,65: color claro)

$T_M = T_e - OMD/2$, (T_e obtenida de la norma UNE 100-001 para un NP dado) [$^{\circ}C$].

T_i = es la temperatura seca de diseño en el local climatizado [$^{\circ}C$].

$\Delta T_{eq}(\text{tabla})$ se obtiene de las tablas adjuntas de cerramientos verticales y cubierta horizontal [$^{\circ}C$].

Para elegir los valores del ΔT_{eq} se ha de establecer una hora concreta y una densidad del cerramiento. Para el cálculo en verano se establece las 15h de la tarde ya que es una de las horas más perjudiciales y como densidad un muro medio entre 200 y 300 kg/m^2 .

$$\begin{aligned} C_{\text{fachadas}} &= 0.65 \\ C_{\text{cubierta}} &= 1 \\ T_i &= 24 \text{ } ^{\circ}C \\ T_M = T_e - OMD/2 &= 24.95 \text{ } ^{\circ}C \end{aligned}$$

$$T_e = 32 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$OMD = 14.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Orientación	$\Delta T_{eq} \text{ (tabla)}$	Δteq
NO	12	2.75
SO	17	6
SE	16	5.35
NE	15	4.7
Cubierta	16	10.95

Tabla 27: Temperatura equivalente

ΔT_{eq} para solera:

$$\Delta T_{eq} = \frac{1}{2} * (T_e - T_i)$$

$$\Delta T_{eq} = \frac{1}{2} * (32 - 24) = 8^{\circ}\text{C}$$

CARGA TERMICA POR CERRAMIENTO (qs)					
ESTANCIA	ORIENTACION	SUPERFICIE (m2)	U (m2/K)	Δteq	qs (W)
Salón - comedor	NO	30.51	0.64	4.7	91.77
	NE	14.16	0.64	5.35	48.48
	SE	4.8	0.64	6	18.43
	Cubierta	46.25	0.45	10.95	227.90
	Suelo	46.25	0.49	4	90.65
	TOTAL				477.24
Cocina	NO	11.07	0.64	2.75	19.48
	SO	7.44	0.64	6	28.57
	Cubierta	10.73	0.45	10.95	52.87
	Suelo	10.73	0.49	4	21.03
	TOTAL				121.96
Aseo	SO	4.16	0.64	6	15.97
	Cubierta	4.3	0.45	10.95	21.19
	Suelo	4.3	0.49	4	8.43
	TOTAL				45.59
Estudio	SO	6.96	0.64	6	26.73
	Cubierta	8	0.45	10.95	39.42
	Suelo	8	0.49	4	15.68
	TOTAL				81.83
Habitación 1	SO	8.37	0.64	6	32.14
	SE	9	0.64	5.35	30.82
	Cubierta	8.85	0.45	10.95	43.61
	Suelo	8.85	0.49	4	17.35
	TOTAL				123.91
Habitación 2	SE	14.76	0.64	5.35	50.54
	NE	7.2	0.64	4.7	21.66
	Cubierta	13.18	0.45	10.95	64.94
	Suelo	13.18	0.49	4	25.83